

**AVALIAÇÃO DO EXTRATO DA CASCA DO FRUTO DO PEQUIZEIRO (*Caryocar
brasiliense* CAMB.) COMO COMPONENTE ATIVO PRINCIPAL NA
FORMULAÇÃO DE FOTOPROTETORES**

Ellen Laureanny Araújo Olímpio

Montes Claros - MG
Setembro - 2021

Ellen Laureanny Araújo Olímpio

**AVALIAÇÃO DO EXTRATO DA CASCA DO FRUTO DO PEQUIZEIRO (*Caryocar
brasiliense* CAMB.) COMO COMPONENTE ATIVO PRINCIPAL NA
FORMULAÇÃO DE FOTOPROTETORES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Curso de Mestrado Acadêmico em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Aclécio Melo

Montes Claros - MG
Setembro - 2021

Ficha Catalográfica elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
UNIMONTES

Ellen Laureanny Araújo Olímpio

**AVALIAÇÃO DO EXTRATO DA CASCA DO FRUTO DO PEQUIZEIRO (*Caryocar
brasiliense* CAMB.) COMO COMPONENTE ATIVO PRINCIPAL NA
FORMULAÇÃO DE FOTOPROTETORES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Curso de Mestrado Acadêmico em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Geraldo Aclécio Melo - UNIMONTES
Prof. Dra. Viviane de Oliveira Vasconcelos - UNIMONTES
Prof. Dra. Francine Souza Alves da Fonseca - UFMG

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Aclécio Melo

Montes Claros - MG
Setembro - 2021

AGRADECIMENTOS

À cada conquista fatores diversos atuam na jornada como o apoio, carinho, amizade, aprendizado...agradeço a todos aqueles que estiveram ao meu lado nessa caminhada, em especial a Deus que me deu forças necessárias para realizar mais uma etapa. Agradeço imensamente aos meus pais, Mércia e Rui (*in memoria*) e meu padrasto Idael, que em todos os momentos me incentivaram e apoiaram as minhas decisões. Agradeço aos meus irmãos por todo o carinho e amizade. Agradeço ao meu esposo Adriano por ser meu alicerce e por toda cumplicidade, carinho e compreensão. Agradeço aos meus amigos e todas as amigadas construídas durante o curso. Agradeço imensamente aos professores do Programa de Pós-graduação em Botânica Aplicada- PPGBOT por todos os ensinamentos. Agradeço ao meu orientador Geraldo, por toda paciência, compreensão, dedicação e orientação que me proporcionou e tornou possível estar aqui. Por fim, meu agradecimento pela concessão da bolsa à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

RESUMO

AVALIAÇÃO DO EXTRATO DA CASCA DO FRUTO DO PEQUIZEIRO (*Caryocar brasiliense* CAMB.) COMO COMPONENTE ATIVO PRINCIPAL NA FORMULAÇÃO DE FOTOPROTETORES

No Brasil, o câncer de pele não melanoma é o mais frequente e corresponde a cerca de 30% de todos os tumores malignos registrados no país. Vários fatores são relacionados ao desenvolvimento de doenças de pele como hábitos e costumes, qualidade de vida, fatores genéticos e exposição à radiação solar. O uso de protetores solares é a principal alternativa para redução dos efeitos da radiação sobre a pele e na prevenção de doenças associadas. Muitos estudos têm sido realizados com o intuito de desenvolver protetores solares que contenham produtos naturais na formulação. Neste estudo, com o objetivo de avaliar a possibilidade de utilização do extrato da casca do fruto pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) na composição de formulações fotoprotetoras, foram realizados ensaios avaliando a capacidade fotoprotetora e antioxidante do extrato e de formulações onde o extrato foi utilizado como ingrediente ativo principal. Também foram realizados testes preliminares de estabilidade das formulações que garantam a segurança e qualidade das mesmas. A capacidade fotoprotetora foi avaliada *in vitro* pelo fator de proteção solar e a atividade antioxidante foi avaliada pela capacidade de redução do radical difenil picril hidrazina (DPPH). A estabilidade preliminar das formulações foi avaliada pelo teste de resistência à centrifugação, pelo teste de estresse térmico e pelo teste de estabilidade em altas e baixas temperaturas. O extrato etanólico apresentou capacidade fotoprotetora e atividade antioxidante proporcional à concentração do extrato. Formulações contendo o extrato em menores concentrações (FPS 15) apresentaram-se mais eficazes e estáveis. Conclui-se que o extrato etanólico da casca do fruto do pequizeiro apresenta características de fotoproteção e atividade antioxidante e que o uso desse extrato como ingrediente ativo em formulações confere eficácia na fotoproteção, no entanto, mais estudos precisam ser realizados com o extrato visando melhorias nas características desejadas para uma formulação fotoprotetora.

Palavras-chave: câncer de pele, produtos naturais, fotoproteção, radiação, antioxidantes.

ABSTRACT

EVALUATION OF PEQUIZEIRO (*Caryocar brasiliense* CAMB.) FRUIT PEEL EXTRACT AS A MAIN ACTIVE COMPONENT IN THE FORMULATION OF PHOTOPROTECTORS

In Brazil, non-melanoma skin cancer is the most frequent and corresponds to about 30% of all malignant tumors registered in the country. Several factors are related to the development of skin diseases such as habits and customs, quality of life, genetic factors and exposure to solar radiation. The use of sunscreens is the main alternative for reducing the effects of radiation on the skin and preventing associated diseases. Many studies have been carried out with the aim of developing sunscreens that contain natural products in the disposal. In this study, in order to evaluate the possibility of using the peel extract of the pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.) in the composition of photoprotective formulations, tests were carried out to evaluate the photoprotective and antioxidant capacity of the extract and formulations where the extract was used as active main ingredient. Preliminary stability tests of the formulations were also carried out to guarantee their safety and quality. The photoprotective capacity was evaluated in vitro by the sun protection factor and the antioxidant activity was evaluated by the reduction capacity of the diphenyl picryl hydrazine radical. Preliminary stability of the formulations was evaluated by the centrifugation resistance test, the thermal stress test and the stability test at high and low temperatures. The ethanol extract has photoprotective capacity and antioxidant activity proportional to the concentration of the extract. Formulations containing the extract in smaller minors (FPS 15) dissipate more effectively and stable. It is concluded that the ethanol extract of the pequi fruit peel has photoprotection characteristics and antioxidant activity and that the use of this extract as an active ingredient in formulations confers efficacy on photoprotection, however, characteristics desired for a photoprotective source.

Key words: skin cancer, natural products, photoprotection, radiation, antioxidants.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
2.1 Avaliação <i>in vitro</i> do potencial fotoprotetor do extrato da casca do fruto do pequi.....	11
2.1.1 Obtenção e preparo do material de estudos	11
2.1.2 Preparo do extrato	11
2.1.3 Determinação do rendimento do extrato	12
2.1.4 Avaliação da atividade antioxidante do extrato.....	12
2.1.5 Avaliação da capacidade fotoprotetora do extrato	12
2.2 Avaliação da eficácia e estabilidade de formulações fotoprotetoras contendo o extrato da casca do pequi.....	13
2.2.1 Preparo das formulações.....	13
2.2.2 Determinação do fator de proteção solar das formulações.....	14
2.2.3 Avaliação da estabilidade das formulações fotoprotetoras.....	14
2.2.4 Avaliação da atividade antioxidante das formulações.....	15
3. RESULTADOS.....	16
3.1 Avaliação da capacidade fotoprotetora e antioxidante do extrato	16
3.2 Avaliação e eficácia de formulações fotoprotetoras contendo o extrato.....	18
4. DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS	25
APÊNDICE A	29
ANEXO I.....	38
ANEXO II.....	39

1. INTRODUÇÃO

O câncer de pele é uma patologia com alta incidência em nível mundial e a cada três novos casos de câncer, um é localizado na pele (OMS, 2018). No Brasil, o câncer de pele não melanoma é o mais frequente e corresponde a cerca de 30% de todos os tumores malignos registrados no país (Inca, 2018). Vários fatores são relacionados ao desenvolvimento de doenças da pele como hábitos e costumes, qualidade de vida, fatores genéticos e exposição à radiação solar (OMS, 2018). A radiação solar, embora ofereça benefícios importantes para a saúde humana, configura-se como principal agente na etiologia da carcinogênese de pele, sendo as radiações de comprimentos de onda situados na faixa ultravioleta (UV), tanto na faixa B (UVB: 290-320 nm), como na faixa A (UVA: 320–400 nm) as mais agressivas (de Gruijl et al., 2002; Yaar et al., 2007).

A pele por ser considerada a estrutura que estabelece a interface entre o corpo e o meio ambiente está constantemente exposta às radiações e, portanto, sujeita a seus efeitos danosos. Ademais, ao considerar os efeitos da radiação solar sobre a pele, muitos outros fatores devem ser observados, tais como, a intensidade da radiação e características cutâneas do indivíduo (Heck et al., 2004). Com a descoberta do espectro ultravioleta e dos efeitos da luz solar sobre a pele, inúmeras substâncias vêm sendo pesquisadas quanto à capacidade de absorção das radiações anteriormente citadas, a fim de se minimizar os efeitos sobre a pele (Urbach, 2001). A primeira substância a ser utilizada com a finalidade de minimização dos efeitos das radiações foi o sulfato de quinina acidificado que posteriormente, foi incorporado em loções e pomadas e constitui o que se considera como o primeiro produto protetor solar químico da história (Urbach, 2001).

Protetores solares são produtos que possuem na composição substâncias chamadas filtros solares, os quais podem ser divididos em orgânicos e inorgânicos (Urbach, 2001). Os filtros orgânicos, tradicionalmente chamados de filtros químicos, podem ser sintéticos ou naturais, e possuem em comum a propriedade de absorver e diminuir a ação da radiação UV sobre o organismo humano. Os filtros inorgânicos, também conhecidos como filtros físicos, são geralmente óxidos metálicos que oferecem proteção pela reflexão da radiação incidente (Flor et al., 2007). No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), define os filtros solares permitidos para uso em formulações fotoprotetoras (Resolução RDC n. 47, de 16 de março de 2006). Também lista a concentração máxima permitida para cada

substância (Ministério da Saúde, 2006). Essas normas visam garantir o uso seguro dos protetores solares comercializados em território nacional pela população (Lopes, 2008).

Atualmente, estudos têm sido realizados com o intuito de desenvolver protetores solares que contenham produtos naturais na formulação. São investigadas, principalmente plantas como fonte de cromóforos com capacidade de interferir na absorção da radiação (Katiyar, 2003), bem como de substâncias antioxidantes capazes de agir protegendo o organismo, evitando e/ou reduzindo maiores danos da radiação (Polonini et al., 2011; Vila et al., 2008).

O pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb. – Caryocaraceae) também conhecido como piqui, piquiá-bravo, amêndoa-de-espinho, grão-de-cavalo, pequiá, pequiá-pedra, pequerim e suari (Silva et al., 2001) é uma planta de ampla distribuição no Cerrado brasileiro, ocorrendo nos Estados da Bahia, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Piauí, Rio de Janeiro, São Paulo e Tocantins (Almeida et al., 1998). A polpa do fruto é muito usada na culinária e na indústria agrícola para extração de óleos e produção de licores (Chéves, 1997), sendo estas as principais formas de exploração da planta. Na medicina popular, existem relatos de seu uso no tratamento de problemas respiratórios, como afrodisíaco, energético e supressor de avitaminoses (Araújo et al., 1995). O óleo da polpa tem efeito tonificante, além de atuar contra bronquites, gripes, resfriados e no controle de tumores e suas folhas são consideradas adstringentes e estimulantes da produção da bÍlis (Brandão et al., 2002). Pela importância que o pequizeiro tem dentro do ecossistema do Cerrado e para a flora do Brasil como um todo, estudos têm sido desenvolvidos no sentido de se explorar racionalmente a espécie e ampliar suas potencialidades de uso (Brandão et al., 2002).

A procura por antioxidantes naturais de extratos das plantas é incentivada devido à sua baixa toxicidade em relação aos antioxidantes sintéticos (Wolf et al., 2003). Rocha e cols (2015), obtiveram frações semi-puras da casca (mesocarpo) do fruto do pequizeiro e relatam alto potencial antioxidante e ação fotoprotetora destas frações. De acordo com os autores, considerando que o mesocarpo representa a maior parte na composição do fruto do pequi (aproximadamente 85%) e considerando que esta parte é geralmente desprezada, uma importante fonte de substâncias naturais com diferentes ações biológicas, está sendo desconsiderada. Explorar a casca do fruto do pequizeiro é, portanto, uma possibilidade de valorização da planta, bem como de agregar valor econômico e científico à espécie.

Neste estudo, com o objetivo de avaliar a possibilidade de utilização do extrato da casca do fruto pequizeiro (*Caryocar brasiliense Camb.*) na composição de formulações fotoprotetoras, foram realizados ensaios avaliando a capacidade fotoprotetora e antioxidante do extrato e de formulações onde o extrato foi utilizado como ingrediente ativo principal. Também foram realizados testes preliminares de estabilidade das formulações que garantam a segurança e qualidade das mesmas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Avaliação *in vitro* do potencial fotoprotetor do extrato da casca do fruto do pequizeiro

2.1.1 Obtenção e preparo do material de estudos

Frutos de pequizeiro foram adquiridos no mercado local da cidade de Montes Claros-MG, dos quais foram selecionados aqueles com a casca aparentemente saudável. Em laboratório, os frutos foram cortados e as cascas separadas e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 45°C. Após secagem, as cascas foram trituradas em moinho até obtenção de pó fino que posteriormente foi utilizado para preparo do extrato.

2.1.2 Preparo do extrato

A extração foi realizada no aparelho Soxhlet utilizando etanol como solvente de extração. No aparelho, 50 g do material vegetal pulverizado (pó da casca) foi envolvido em papel de filtro e acondicionado no dedal na câmara central do Soxhlet e o etanol foi adicionado para uma proporção de 5 mL/g de material vegetal. Após 20 ciclos de extração, o extrato foi coletado e colocado em estufa de ar circulante a 45°C para evaporação do solvente. Este procedimento de extração foi realizado em triplicata.

2.1.3 Determinação do rendimento do extrato

O rendimento do extrato foi obtido dividindo-se a massa do extrato seco obtido após evaporação do solvente de extração pela massa de material pulverizado utilizada para extração (50g), sendo o resultado expresso em porcentagem.

2.1.4 Avaliação da atividade antioxidante do extrato

A atividade antioxidante do extrato foi avaliada pelo ensaio de redução do DPPH, desenvolvido por Blois (1958) e adaptado por Brand-Willian e cols (1995). No procedimento, o extrato seco foi dissolvido em diferentes concentrações (0,4 a 25 µg/mL) e uma alíquota de 50 µL foi adicionada em um tubo contendo 3 mL de solução de DPPH na concentração de 40 µg/mL diluído em etanol. Após 30 minutos de reação sob abrigo de luz, as soluções foram tomadas para leitura das absorbâncias a 517 nm. Este procedimento também foi realizado para soluções de ácido gálico com concentrações na faixa de 0,11 a 12,4 µg/mL. Todas as determinações foram realizadas em triplicata e acompanhadas de um controle (solução de DPPH sem antioxidante). Como branco utilizou-se o etanol.

A porcentagem de atividade antioxidante (%AA) foi determinada pela equação: $\%AA = ((\text{Abs. Controle} - \text{Abs. Amostra}) / \text{Abs. Controle}) \times 100$ – onde: Abs. Controle = absorbância do controle (solução de DPPH sem antioxidante) e Abs. Amostra = absorbância da amostra (extrato) a ser testada (Melo et al., 2006).

A eficiência antioxidante foi obtida através da determinação do IC₅₀, sendo essa a quantidade do antioxidante necessária para reduzir 50% do DPPH presente nas soluções. O IC₅₀ foi calculado com base em equações obtidas por regressão linear a partir dos dados da atividade antioxidante em função da concentração das soluções do extrato e do ácido gálico utilizadas.

2.1.5 Avaliação da capacidade fotoprotetora do extrato

A capacidade fotoprotetora do extrato foi avaliada através do fator de proteção solar (FPS) determinado de acordo com Mansur *et al.*, 1986. Neste procedimento, o extrato foi diluído em etanol em diferentes concentrações (0,5 a 0,0625 mg/mL), soluções estas que foram utilizadas para leituras espectrofotométricas na faixa de 290 a 320 nm. Diluições de dióxido de titânio com concentrações na faixa de 0,25 a 0,0625 mg/mL também foram utilizadas nas leituras de absorbância para obtenção de um parâmetro comparativo dos valores

de FPS. O dióxido de titânio é um agente fotoprotetor comumente utilizado em protetores comerciais. As absorbâncias obtidas foram utilizadas para obtenção do FPS espectrofotométrico com utilização a equação abaixo:

$$FPS \text{ espectrofotométrico} = FC \cdot \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot Abs(\lambda)$$

Onde, FC = fator de correção (10), determinado de acordo com os dois filtros solares de FPS conhecidos e testados em seres humanos de tal forma que um creme contendo 8% de homossalato originasse um FPS = 4 (Mansur et al., 1986); $EE(\lambda)$ = efeito eritemogênico da radiação; $I(\lambda)$ = intensidade da radiação solar em cada comprimento de onda; $abs(\lambda)$ = leitura espectrofotométrica da absorbância da solução contendo cada fração (filtro solar). Os valores de $EE(\lambda)$ e $I(\lambda)$ utilizados para o cálculo do FPS serão conforme literatura Sayre e cols (1979), de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1 – Valores do efeito eritematogênico e intensidade de radiação (EE x I) para os comprimentos de onda de 290 a 320 nm, normalizados para determinação do FPS por espectrofotometria (Sayre et al., 1979).

Comprimento de onda (nm)	EE x I (normalizado), valores relativos
290	0,0150
295	0,0817
300	0,2874
305	0,3278
310	0,1864
315	0,0839
320	0,0180
Total	1

2.2 Avaliação da eficácia e estabilidade de formulações fotoprotetoras contendo o extrato da casca do pequi

2.2.1 Preparo das formulações

No preparo das formulações fotoprotetoras utilizou-se o creme base *second skin* obtido na Farmácia de Manipulação Minas Brasil, Montes Claros, MG (vide composição no

Quadro 1- Anexo I). A esse creme foram adicionadas porções do extrato da casca do pequi em diferentes concentrações de maneira a obter formulações com FPS esperados de 15, 30 e 60. As quantidades do extrato adicionadas em cada formulação foram estimadas a partir da equação da reta determinada a partir da relação entre concentração do extrato em uma solução e FPS determinado *in vitro* conforme Mansur *et al.*, 1986.

2.2.2 Determinação do fator de proteção solar das formulações

Para avaliação da eficácia das formulações contendo o extrato da casca do fruto do pequi como ingrediente ativo principal, foi estimado o FPS das mesmas segundo Mansur *et al.*, 1986. O procedimento foi realizado conforme descrito no item 2.1.4, com pequenas modificações. Em ensaio inicial foi observado que o creme base utilizado nas formulações causa interferência nas leituras das absorvâncias nos diferentes comprimentos de ondas utilizados. Assim, para ajustes na metodologia, uma formulação comercial preparada no mesmo creme base e apresentando FPS 30, foi utilizada como referência. Após determinar o FPS desta formulação, este foi corrigido para 30 através do uso de um fator de correção. Este fator de correção foi então aplicado na estimativa do FPS estimado das formulações.

2.2.3 Avaliação da estabilidade das formulações fotoprotetoras

A estabilidade preliminar das formulações foi avaliada com base no Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos (ANVISA, 2004). Foram realizados o teste de resistência à centrifugação, o teste de estresse térmico e o teste de estabilidade em altas e baixas temperaturas com duração de 14 dias. Nestes testes foi considerada apenas a formulação com FPS 15, por ser aquela que apresentou eficácia (FPS) estimada mais próxima da eficácia esperada. As outras 2 formulações tiveram eficácia muito divergente do valor esperado e, portanto, foram desconsideradas nestes testes.

Teste de resistência à centrifugação - O teste foi realizado em centrífuga (SPINLAB, SL-5GR), na qual foram colocados microtubos contendo amostras de 1 mL da formulação de FPS 15. Os tubos foram submetidos à centrifugação a 3000 rotações por minuto (rpm), durante 30 minutos à temperatura ambiente. Após a centrifugação, as amostras foram analisadas visualmente quanto à separação de fases e precipitação (BRASIL, 2004; BRASIL 2008).

Teste de estresse térmico - Em microtubos foram colocadas, em triplicata, amostras de 1 mL da formulação de FPS 15, do creme base apenas, da formulação comercial de FPS 30 e o extrato diluído em água destilada na mesma concentração utilizada para preparo da formulação de FPS 15. As amostras foram submetidas ao estresse térmico em banho maria no intervalo de temperatura controlada entre 40,0 e 80,0°C, com taxa de progressão de aumento de temperatura de 10,0 °C a cada 30 minutos. Após o ensaio as amostras foram analisadas em relação às características organolépticas aspecto e cor. Para a avaliação das características organolépticas seguiu-se uma escala onde as amostras foram classificadas como normal (**N**), levemente modificada (**LM**), modificada (**M**) e intensamente modificada (**IM**), (ANVISA, 2004; MARIOTTI et al., 2011 - vide quadro 2- Anexo I).

Teste de estabilidade a baixa e alta temperatura - Neste teste, foram colocados em microtubos tipo eppendorf amostras em triplicatas de 1 mL da formulação de FPS 15, do creme base, da formulação comercial com FPS 30 e o extrato diluído em água destilada na mesma concentração utilizada na formulação de FPS 15. Os tubos foram submetidos às seguintes condições, durante 14 dias: temperatura de $5,0 \pm 2,0$ °C e temperatura de $45,0 \pm 2,0$ °C. Nos tempos 0, 1, 7 e 14 dias de testes, as amostras foram avaliadas para as características organolépticas de aspecto e cor. Aos 0 e 14 dias foi avaliado o potencial hidrogeniônico (pH) das amostras. O pH foi avaliado em soluções aquosas contendo as amostras na concentração 15 mg/mL diluídas em água destilada. Neste procedimento foi utilizado um peagâmetro digital de bolso (pH Meter, range 0.00-14.00)

2.2.4 Avaliação da atividade antioxidante das formulações

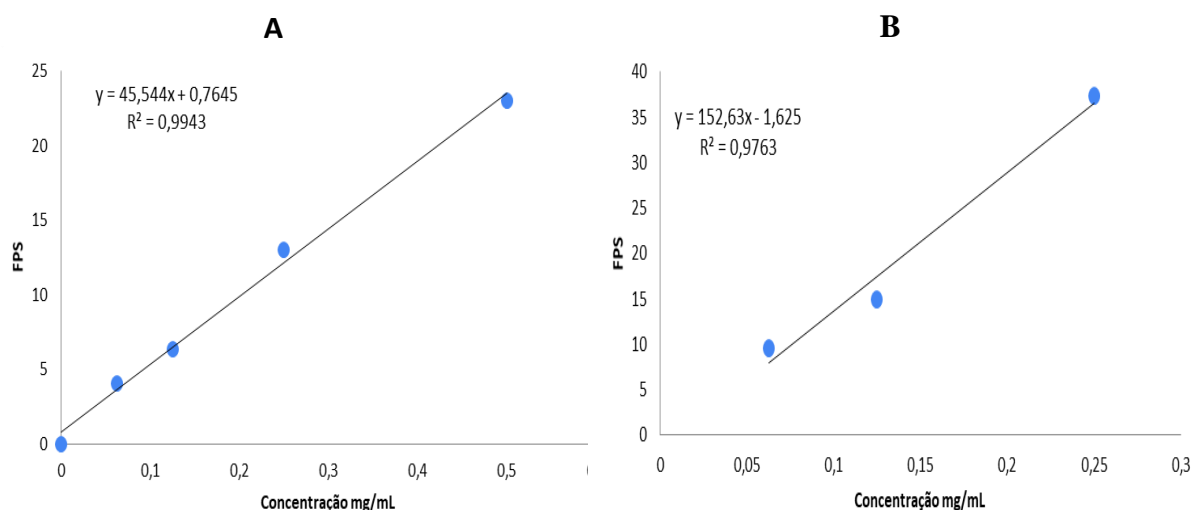
A atividade antioxidante foi avaliada pelo ensaio de redução do DPPH, desenvolvido por Blois (1958) e adaptado por Brand-Willian e cols (1995), conforme descrição no item 2.1.5. Neste procedimento foram utilizadas as amostras da formulação com FPS 15, do creme base e da formulação comercial com FPS 30 todas diluídas na concentração de 15 mg/mL em água destilada. Uma alíquota de 100 µL de cada amostra diluída foi adicionada à 3 mL de solução de DPPH e após 30 minutos de reação, sob abrigo de luz, foram realizadas as leituras das absorbâncias a 517 nm. Todas as determinações foram realizadas em triplicata e acompanhadas de um controle (DPPH sem antioxidante).

3. RESULTADOS

3.1 Avaliação da capacidade fotoprotetora e antioxidante do extrato

Neste estudo, a extração em aparelho Soxhlet usando etanol como solvente permitiu a obtenção de um extrato bruto que apresentou um rendimento médio de 25,92 %. Na Figura 1, são mostrados os valores do fator de proteção solar (FPS) em função da concentração do extrato. O maior valor obtido de FPS foi de 23,06 na concentração de 0,5 mg/mL, seguidos de FPS 13,05 na concentração de 0,25 mg/mL, FPS 6,33 na concentração 0,125 mg/mL e FPS 4,08 na concentração 0,0625 mg/mL.

Figura 1. Fator de proteção solar (FPS) em função da concentração para soluções do extrato da casca do pequizeiro (*Caryocar basiliense* Camb.) (A) e do dióxido de titânio (B).



Fonte: Autoria própria

Nas diluições de dióxido de titânio o maior valor obtido de FPS do foi de 37,39 na concentração de 0,25 mg/mL, seguido de FPS 14,88 na concentração de 0,125 mg/mL e FPS 9,63 na concentração 0,0625 mg/mL. Pelas equações, observa-se que existe proporcionalidade entre concentração das soluções e FPS. Para o extrato, com base na equação da reta obteve-se a estimativa do FPS em função da concentração do extrato (Tabela 2), que posteriormente foi utilizado como base para preparo das formulações fotoprotetoras, bem como para testes adicionais.

Tabela 2: Fator de proteção solar (FPS) estimado em função da concentração do extrato da casca do pequizeiro (*Caryocar basiliense* Camb.).

Estimativa (FPS)	Concentração do extrato (mg/mL)
10	0,08
15	0,11
20	0,14
25	0,17
30	0,21
35	0,24
40	0,27
45	0,31
50	0,34
55	0,37
60	0,40

Fonte: Autoria própria

Na figura 2, é apresentada a atividade antioxidante do extrato e do ácido gálico em diferentes concentrações. Observa-se que os dados se ajustam ao modelo linear com valores de $R^2 = 0,9902$. A atividade antioxidante (AA) do extrato foi de 72,5% na concentração de 25mg/mL, seguidos AA de 45,7% na concentração de 13 mg/mL, AA de 24,9% na concentração 6 mg/mL, 17,74% na concentração de 4 mg/mL, 13,14% com concentração de 2 mg/mL, 7,2% com concentração de 1mg/mL.

O ácido gálico utilizado como referência de atividade antioxidante apresentou equação com $R^2 = 0,9944$ e valores AA de 95,09% na concentração de 12,5 mg/mL, de 95,09% na concentração de 6,3 mg/mL, de 82,06% na concentração de 3,1 mg/mL, de 45,09% na concentração de 1,6 mg/mL, de 25,9% na concentração de 0,8 mg/mL, de 13,33% na concentração de 0,4 mg/mL, de 5,21% na concentração de 0,2 e de 4,67% na concentração de 0,1mg/mL.

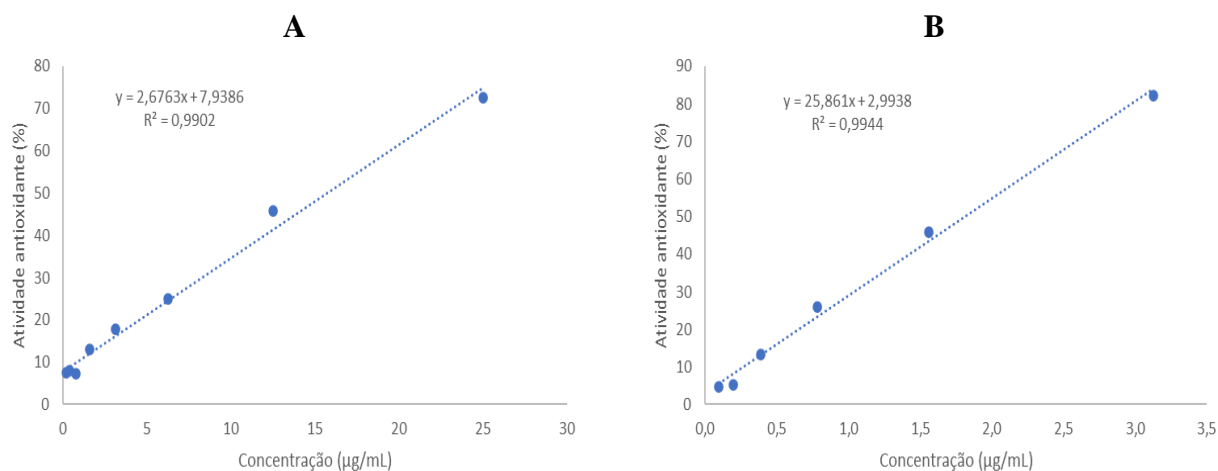
A partir de equações de regressão linear estimou-se a concentração inibitória média (IC_{50}) para soluções do extrato e do ácido gálico. O valor obtido para o extrato foi de 15,72 $\mu\text{g/mL}$ e para o ácido gálico de 1,82 $\mu\text{g/mL}$ (Tabela 3).

Tabela 3: Eficiência antioxidante do extrato da casca do pequizeiro (*Caryocar basiliense* Camb.) em comparação ao ácido gálico.

Fonte	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
Extrato	15,72
Ácido gálico	1,82

Fonte: Autoria própria

Figura 2. Atividade antioxidante do extrato da casca do pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) (A) e do ácido gálico (B) em função da concentração.

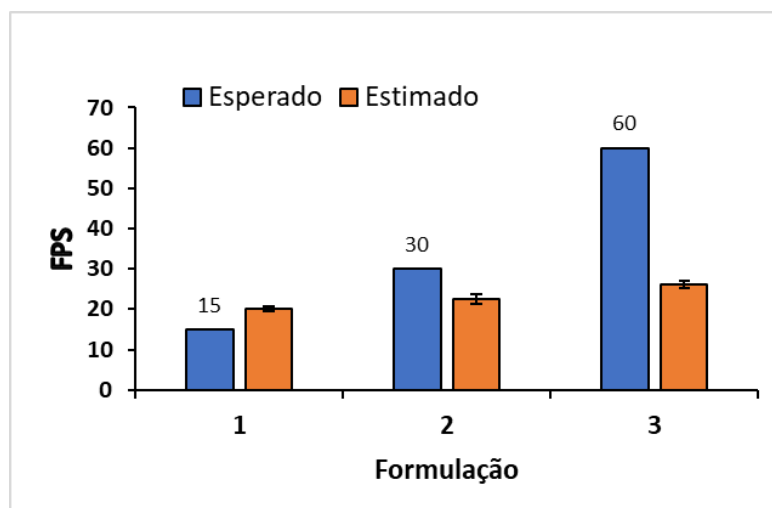


Fonte: Autoria própria

3.2 Avaliação e eficácia de formulações fotoprotetoras contendo o extrato

Na figura 3, estão representados os valores de FPS para formulações contendo o extrato da casca do fruto do pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.). Os valores esperados foram calculados com base na equação de regressão linear aplicada sobre os dados de FPS em função da concentração do extrato (vide Tabela 2). Os valores estimados foram determinados conforme Mansur *et al.*, 1986. Observa-se que os valores de FPS estimados foram diferentes dos valores esperados.

Figura 3. Fator de proteção solar (FPS) de formulações fotoprotetoras contendo o extrato da casca do fruto do pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) como ingrediente ativo principal. Barras indicam \pm desvio padrão



Fonte: Autoria própria

No teste de resistência à centrifugação não houve separação de fases nas amostras utilizadas (Figura 5 - Apêndices). Todas mantiveram-se homogêneas após 30 minutos de centrifugação a 3000 rpm. Para o teste de estresse térmico (Tabela 4), observa-se que as formulações também mantiveram a homogeneidade, não apresentando alterações no aspecto e cor após submissão de variação de temperatura na faixa de 45 a 80 °C (Figura 6,7,8 e 9 - Apêndices). Também no teste de estabilidade a baixa e alta temperatura o creme base e a formulação comercial de FPS 30, mantiveram suas características organolépticas durante os 14 dias avaliados (figura 11,12 - Apêndices). Já a formulação de FPS 15 (figura 10 - Apêndices) contendo o extrato apresentou modificação na sua cor, tornando-se mais clara quando colocada na geladeira a 5 °C, contudo, manteve-se estável na condição de 45 °C. Já o extrato diluído em água (figura 13 - Apêndices) sofreu modificações, apresentando-se modificado quanto ao aspecto e na coloração a partir de 1 dia de teste.

Tabela 4: Aspeto e cor das formulações durante os testes de estresse térmico e de estabilidade a baixa e alta temperatura.

Tratamentos	Formulação (FPS 15)				Creme Base				Formulação comercial (FPS 30)				Extrato			
	Tempo (dias)				Tempo (dias)				Tempo (dias)				Tempo (dias)			
	0	1	7	14	0	1	7	14	0	1	7	14	0	1	7	14
Geladeira (5 °C)	N	N	M	M	N	N	N	N	N	N	N	N	N	M	M	IM
Estufa (45 °C)	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	M	M	IM
Banho-maria (40 °C)	N	-	-	-	N	-	-	-	N	-	-	-	N	-	-	-
Banho-maria (50 °C)	N	-	-	-	N	-	-	-	N	-	-	-	M	-	-	-
Banho-maria (60 °C)	N	-	-	-	N	-	-	-	N	-	-	-	M	-	-	-
Banho-maria (70 °C)	N	-	-	-	N	-	-	-	N	-	-	-	M	-	-	-
Banho-maria (80 °C)	N	-	-	-	N	-	-	-	N	-	-	-	M	-	-	-

N – Normal, LM – Levemente Modificado, M – Modificado e IM- Intensamente Modificado **Fonte:** Autoria própria

Em análise de pH das amostras realizada após o 14º dia de teste, pode-se verificar que formulação a FPS 15 teve aumento no pH na geladeira a 5°C e na estufa a 45 °C, com percentual de variação, respectivamente, de 8,9% e 3,2% (Tabela 5). O creme base na geladeira teve um aumento no pH, apresentando um percentual de variação de 4,7% e diminuição na estufa com variação de 1,2%. A formulação comercial de FPS 30 teve aumento

de pH na geladeira com variação de 3,5% e diminuição na estufa com variação de 1,5%. O extrato teve diminuição de pH em ambos os testes apresentando um percentual de variação de -2,1% na geladeira e -12,9% na estufa.

Tabela 5: Variação pH das formulações durante o teste de estabilidade a baixa e alta temperatura.

Tratamentos	Formulação (FPS 15)			Creme Base			Formulação comercial (FPS 30)			Extrato		
	Dia		% de variação	Dia		% de variação	Dia		% de variação	Dia		% de variação
	0	14		0	14		0	14		0	14	
Geladeira (5 °C)	4,5	4,9	8,9%	5,9	6,2	4,7%	7,0	7,3	3,5%	5,4	5,3	-2,1%
Estufa (45 °C)	4,5	4,6	3,2%	5,9	5,9	-1,2%	7,0	6,9	-1,5%	5,4	4,8	-12,9%

Fonte: Autoria própria

Na tabela 6, estão representados os valores da atividade antioxidante. A formulação contendo o extrato com FPS 15 apresentou uma atividade com valor de 54,3%. O creme base e a formulação comercial (FPS 30) não apresentaram nenhuma atividade antioxidante.

Tabela 6: Atividade antioxidante em soluções da formulação de FPS 15 contendo o extrato da casca do pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.), do creme e da formulação comercial de FPS.

ATIVIDADE ANTIOXIDANTE (%)		
Formulação FPS 15	Creme	Formulação comercial (FPS 30)
54,3	0	0

Fonte: Autoria própria

4. DISCUSSÃO

Algumas vantagens são encontradas nos métodos *in vitro* de avaliação da capacidade fotoprotetora, como a rapidez de execução, custo acessível, reprodutibilidade e a não exposição do operador a riscos, entre outras (VELASCO et al., 2011). Dentre eles, o método adaptado por Mansur et al., (1986), determina o FPS de formulações por meio da leitura espectrofotométrica de 290 a 320 nm das soluções diluídas e posterior tratamento matemático através de uma fórmula. Neste estudo, inicialmente foi avaliado por esta metodologia o fator de proteção solar do extrato da casca do fruto do pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.)

com o intuito de determinar a sua potencialidade como filtro solar e possibilidade de utilização como ingrediente ativo em formulações fotoprotetoras.

De acordo com a legislação brasileira, RDC N° 30 de 1° de junho de 2012 (BRASIL, 2012), um produto para ser utilizado em cosméticos fotoprotetores, deve apresentar FPS de no mínimo 6. Observou-se que o extrato aqui avaliado apresentou um FPS de 23,06 na maior concentração utilizada e este valor decresceu com a redução da concentração. Este resultado indica que existe proporcionalidade entre concentração do extrato em solução e FPS. Indica também que a utilização deste extrato em formulações atende a legislação, cabendo, no entanto, avaliações para esta finalidade. Este mesmo extrato apresentou considerável atividade antioxidante, que se mantida em uma formulação valoriza o extrato por agregar à formulação mais uma característica desejável.

Diante do potencial apresentado pelo extrato, baseando no FPS esperado para diferentes concentrações do extrato, foram preparadas formulações onde o extrato entrou na composição como único ingrediente ativo (filtro solar). As formulações preparadas tinham FPS esperado de 15, 30 e 60 (figura 3). Conforme normas da Resolução n° 237, de 22 de agosto de 2002, RIBEIRO et al. (2010), após o desenvolvimento de uma formulação contendo filtro solar, faz-se necessário a determinação do seu FPS, uma vez que, este valor deve constar no rótulo caso a formulação seja posta para comercialização. Conforme resultados, os valores de FPS estimados das formulações se diferenciaram dos valores esperados (Figura 4- Apêndices). Para a formulação de FPS 15 o valor estimado aproximou-se do esperado, no entanto, um pouco mais elevado. Já para as formulações com FPS maiores, de 30 e 60, o FPS estimado foi menor que o esperado. De acordo com Bobin et al., (1994) que estudaram 100 diferentes extratos vegetais, um dos fatores que determinam a eficiência de um produto natural como fotoprotetor é sua composição química e conseqüentemente, sua atividade em absorver as radiações UV, além do coeficiente de extinção molar e a solubilidade. Um fator relevante que pode interferir no FPS refere-se aos componentes da formulação. Conforme resultados iniciais do extrato o creme base *second skin* causou interferência nas absorvâncias dos diferentes comprimentos de ondas utilizados na metodologia de Mansur et al., (1986). Diante destes resultados, novos testes são necessários para avaliar de que modo a interferência ocorre e a possibilidade de sua correção. Também, testes com utilização de outras bases deverão ser feitos visando a obtenção de formulações cujos valores de FPS correspondam aos valores esperados e, portanto, com a eficácia desejada.

O uso de antioxidantes naturais tem sido incentivado recentemente. Vários estudos destacam a ação antioxidante de extratos de folhas e frutos do pequizeiro (Roesler *et al.*, 2007; Roesler *et al.*, 2008; Khouri *et al.*, 2007; Lima, 2008; Porto *et al.*, 2008; Freire, 2008; Rocha *et al.*, 2015). Nestes estudos destacam-se a presença de carotenóides, que estão presentes em quantidades consideráveis na polpa e de compostos fenólicos, que de forma semelhante a outras plantas são citados como principais substâncias responsáveis pela atividade antioxidante. O extrato aqui utilizado apresentou elevada atividade antioxidante em solução (Tabela 2) e também mostrou ter potencial para acrescentar atividade antioxidante em formulações fotoprotetoras (Tabela 6). Estes resultados valorizam o uso do extrato da casca do fruto do pequizeiro na composição de formulações fotoprotetoras com potencial comercial. Além disso, por ser um produto natural, seria menos danoso ao organismo, apresentando reduzidos efeitos colaterais, como reações alérgicas e queimaduras e também menos agressivos ao meio ambiente, apresentando resíduos menos tóxicos quando comparados a produtos sintéticos que atualmente são utilizados (Ferrari *et al.*, 2007).

Segundo a ANVISA (2004), além da aceitação pelo consumidor, protetores comerciais devem ser testados quanto à estabilidade para avaliar o seu desempenho, segurança e eficácia. Estes testes fornecem indicações sobre o comportamento do produto, em determinado intervalo de tempo, frente às condições ambientais a que possa ser submetido, desde a fabricação até o término da validade. Ensaios organolépticos fornecem parâmetros que permitem avaliar, de imediato, o estado em que se encontra a amostra em estudo por meio de análises comparativas. Estes testes têm o objetivo de verificar alterações como separação de fases e precipitação permitindo, o reconhecimento primário do produto. Conforme resultados dos testes de resistência à centrifugação e estresse térmico, a formulação FPS 15 contendo o extrato, o creme base e a formulação comercial FPS 30 apresentaram resultados satisfatórios, não sofrendo alterações que comprometessem a formulação. Conforme as normas, o produto formulado deve permanecer estável e qualquer sinal de instabilidade indica a necessidade de reformulação ou a recusa/não aprovação do produto (ANVISA, 2004).

O teste de estabilidade de alta e baixa temperatura se utiliza de condições extremas de temperatura com a finalidade de acelerar possíveis reações de degradação química e modificações físicas de substâncias e/ou alterações na forma farmacêutica ou cosmética e o surgimento de sinais devem ser observados e analisados, conforme as características de cada tipo de produto (ANVISA, 2004). Observou-se que a formulação FPS 15 contendo o extrato,

o creme base e a formulação comercial de FPS 30, em sua totalidade, mantiveram estabilidade satisfatória nas condições de baixa e alta temperatura. Somente a partir do sétimo dia de teste, a formulação FPS 15 contendo o extrato sofreu modificação na cor, tornando-se mais clara. Esta alteração não é considerada de extrema relevância, porém é importante sua investigação em novos testes, como os de estabilidade normal e acelerada.

O pH desejado para produtos cosméticos varia em função da sua aplicabilidade, pois o pH cutâneo pode variar de acordo com a região do corpo. Assim, produtos com uma permanência prolongada sobre a pele devem ter um pH de 4,0 a 7,0, sendo que o pH deve se aproximar ao máximo do pH cutâneo, que varia de 4,5 a 5,5 (REBELLO; BEZERRA, 2001). Segundo Braz et al., (2013) é aceitável a variação de pH até 10%, que é correspondente ao pH fisiológico da pele. As amostras avaliadas apresentaram resultados satisfatórios, a exceção do extrato em solução aquosa, que apresentou variação de pH acima do limite aceitável. Esta solução aquosa, no entanto, foi aqui avaliada apenas para comparação e também para obtenção de maiores informações sobre o extrato.

No Brasil, pesquisas com produtos naturais que buscam um fotoprotetor em potencial, com princípios ativos orgânicos, são respaldadas pela Portaria nº 2.960, de 09 de dezembro de 2008, que aprova o Programa Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos e incentiva a sua utilização no Sistema Único de Saúde (SUS). Contudo, todos os produtos, antes de serem postos para comercialização, devem ser avaliados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), segundo a Resolução RDC nº 47, de 16 de março de 2006, que permite maior segurança da utilização dessas substâncias pela população. O extrato aqui avaliado demonstrou elevado potencial para ser utilizado como componente ativo em formulações de protetores solares, uma vez que, além da capacidade fotoprotetora ele apresenta atividade antioxidante, com benefícios para proteção à saúde da pele.

5. CONCLUSÕES

Conforme resultados, o extrato da casca do fruto do pequiheiro apresenta características de fotoproteção e atividade antioxidante. O uso desse extrato como ingrediente ativo em formulações de protetores solares confere eficácia na fotoproteção, no entanto, mais estudos precisam ser realizados com o extrato visando melhorias nas características

desejadas para uma formulação fotoprotetora que possa se tornar um produto com confiabilidade para inserção no mercado.

Este estudo agrega valor ao pequizeiro, demonstrando mais uma de suas potencialidades para exploração, com destaque por ressaltar o uso de uma parte da planta que até então é considerada sem valor e é descartada como lixo. Também reforça a importância da manutenção de áreas nativas, que podem também ser fonte de exploração rentável.

Os resultados reforçam também a possibilidade de uso de produtos naturais em contrapartida a produtos sintéticos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. P. (1998). **Cerrado: Espécies vegetais úteis**. EMBRAPA-Cerrados, Planaltina, DF, p. 464.
- ARAÚJO, F. D. (1995). **A Review of Caryocar brasiliense (Caryocaraceae) - an economically valuable species of the central Brazilian Cerrados**. *Economic Botany*, 49, pp. 40-48.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Guia de controle de qualidade de produtos cosméticos**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2a edição, revista – Brasília: ANVISA, 2008.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Gerência Geral de Cosméticos. Guia de estabilidade de produtos cosméticos**. Brasília. Brasília, DF, 2004.
- BOBIN MF, RAYMOND M, MARTINI MC. **UVA/UVB absorption properties of natural products. Cosmet Toiletries**. 1994;109:63-78.
- BLOIS, MS . **Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical**. *Nature*, 181, 1199-1200, 1958.
- BRANDÃO, M., LACA-BUENDIA, J. P., & MACEDO, J. F. (2002). **Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte.
- BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M., & BERSET, C. (1995). **Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity**. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 28, pp. 25-30.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos**. 2. ed. Brasília: ANVISA, 121p., 2008.
Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/cosmeticos/material/guia_cosmetico.pdf>. Acesso em: 09/04/ 2021.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de estabilidade de produtos cosméticos**. Brasília, DF: ANVISA, 2004. 52p. (Series Tematicas. Qualidade, v.1).
Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/cosmeticos/guia_series.htm> Acesso em: 09/04/ 2021.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC no 47, de 16 de março de 2006**. Brasília, DF Diário Oficial da União, 2006.

BRASIL. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Ministério da Saúde. Câncer de pele: o que é, sintomas, tratamento e prevenção.** 2018. Disponível em: <<http://saude.gov.br/saude-a-z/cancer-de-pele>>. Acesso em: 08/10/2020.

BRASIL. Resolução – RDC N° 30 de 1° de junho de 2012. Aprova o Regulamento Técnico Mercosul sobre Protetores Solares em Cosméticos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 4 jun. 2012. Acesso em: 25/06/2021.

BRAZ, W.R.; SILVA, G.R.; MARQUES, M.F.B.; PORTO, M.; RIBEIRO, G.C.; BRAZ, M.C. **Controle de qualidade de Cetoconazol magistral emulsão 2% comercializado na região Centro-Oeste de Minas Gerais.** In: III Congresso Farmacêutico da UNESP, 2013, Araraquara/SP.

CHÉVES, P. O. (1997). **O pequi (Caryocar brasiliense): uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do cerrado do Norte de Minas Gerais.** *Dissertação (Mestrado em Administração Rural* . Universidade Federal de Lavras / MG.

DE GRUIJL, F.R. **Photocarcinogenesis: UVA vs. UVB radiation.** *Skin. Pharmacol. Appl. Skin Physiol.*, 15,316–320 (2002).

FERRARI, M.; OLIVEIRA, M. S.; NAKANO, A. K.; ROCHA-FILHO, P. A. **Determinação do fator de proteção solar (FPS) in vitro e in vivo de emulsões com óleo de andiroba (Carapa guianensis).** *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 17, n. 4, p. 626-630, 2007.

FLOR, J.; DAVOLOS, M. R.; CORREA, M. A. **Protetores solares.** *Química Nova*, v.30, p. 153-158, 2007.

FREIRE, D. A. (2008). **Obtenção de antioxidantes a partir do mesocarpo do pequi (Caryocar brasiliense Camb.).** *Monografia de conclusão de curso.* Universidade Estadual de Montes Claros.

HECK, D., GERECKE, D., VETRANO, A., & LASKIN, J. (15 de Mar de 2004). **Solar ultraviolet radiation as a trigger of cell signal transduction.** *Toxicology and Applied Pharmacology* , 195 , 3, 288-297.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (INCA). **Estatísticas do Câncer. Incidência. Estimativa 2018: Incidência de Câncer no Brasil.**

KATIYAR SK. **Skin Photoprotection by Green Tea: Antioxidant and Immunomodulatory Effects.** *Current Drug Targets*. 2003;3(3):234-242..

KHOURI, J., RESCK, I., POÇAS-FONSECA, M., SOUSA, T. M., PEREIRA, L. O., OLIVEIRA, A. B., et al. (2007). **Anticlastogenic potential and antioxidant effects of an aqueous extract of pulp from the pequi tree (Caryocar brasiliense Camb.).** pp. 442 - 448.

LIMA, A. (2008). **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.).** *Dissertação (Doutorado)*. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos - Universidade de São Paulo.

LOPES I. **Indústria brasileira de filtro solar movimentada 16% do mercado mundial. 2008** [Citado em 2009 nov.27] Disponível em: <http://www.segs.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=17833&Itemid=157>. Acesso em: 20/09/2020.

MANSUR J.S, BRENDER M.N.R, MANSUR M.C.A AND AZULAY R.D. *An Bras Dermatol* v. 61, n.3, p.121-24,1986.

MELO, E. A., MACIEL, M. I., LIMA, V. L., LEAL, F. L., CAETANO, A. C., & NASCIMENTO, R. J., **Capacidade Antioxidante de Hortaliças usualmente consumidas.** 26, pp. 1 - 12, 2006.

MARIOTTI, D., FRASSON, A.P. **Avaliação da estabilidade e atividade antioxidante de formulações cosméticas contendo extrato etanólico dos frutos de *Fragaria vesca* L. (morango).** *Infarma*, v.23, n°3/4, 2011.

POLONINI, H. C.; RAPOSO, N. R. B.; BRANDÃO, M. A. F. **Fotoprotetores naturais como instrumento de ação primária na prevenção de câncer de pele.** *Revista APS*, v. 14, n. 2, p. 216-223, 2011.

PORTO, C. S., MELO, G. A., OLIVEIRA, D. A., NOBRE, S. A., & PRATA, E. R. (2008). **Atividade antioxidante em folhas e frutos (*Caryocar brasiliense* Camb.).**

REBELLO, T.; BEZERRA, S. V. **Guia de Produtos Cosméticos.** São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2001

ROCHA, L.B.; MELO. A.M.; PAULA. S. L. A.; NOBRE. S. A. M.; ABREU I. N. **Gallic acid as the major antioxidant in pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit peel.** *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 2015.

ROESLER, R., CATHARINO, R. R., MALTA, L. G., EBERLIN, M. N., & PASTORE, G. M. (2008). **Antioxidant activity of *Caryocar brasiliense* (pequi) and characterization of components by electrospray ionization mass spectrometry.** pp. 711 - 717.

ROESLER, R., MALTA, L. G., CARRASCO, L. C., HOLANDA, R. B., SOUSA, C. A., & PASTORE, G. M. (2007). **Atividade antioxidante de frutas do cerrado.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 787-792.

RIBEIRO C; OHARA MT. **Entendendo Fotoproteção e Fotoprotetores.** *Revista Racine.* 32:34-45, 2010

SAYRE, R.M.; AGIN, P.P.; LEVEE, G.J.; MARLOVE, E.A. **Comparison of in vivo and in vitro Testing of Sunscreening Formulas.** *Photochem. Photobiol.*, v.29, p. 559-566, 1979.

SILVA, D. H. S.; PEREIRA, F. C.; ZANONI, M. V. B.; YOSHIDA, M.; *Phytochemistry* 2001, 57, 437.

URBACH, F. **The historical aspects of sunscreens.** *J. Photoch. Photobio. B.*,v. 64, p. 99 - 104, 2001.

VELASCO, M. V. R.; BALOGH, T. S.; PEDRIALI, C. A.; SARRUF, F. D.; PINTO, C. A. S. O.; KANEKO, T, M.; BABY, A. R. Novas metodologias analíticas para avaliação da eficácia fotoprotetora (*in vitro*) – revisão. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v.32, n.1, p.27-34, 2011.

VILA, F. C.; COLOMBO, R.; LIRA, T. O.; YARIWAKE, J. H.; *J. BRAZ. Chem. Soc.* **2008**, 19, 903.

WOLFE, K.; WU, X.; LIU, R. H. **Antioxidant activity of apple peels.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, p. 609-614, 2003.

YAAR M. **The chronic effects of ultraviolet radiation on the skin: photoageing** In: Lim HW, Honigsmann H, Hawk JLM. *Photodermatology* New York: Informa Healthcare USA; 2007. P 9.

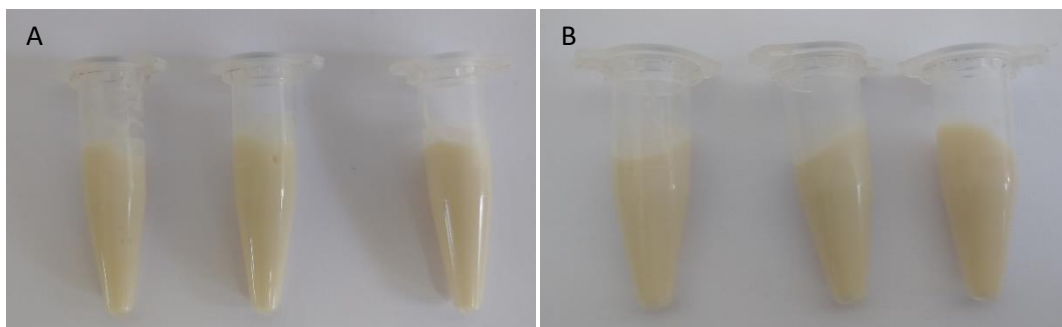
APÊNDICE A – Testes de estabilidade preliminar

Figura 4- Formulações com FPS 15, FPS 30 e FPS 60 contendo o extrato da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) como componente ativo principal.



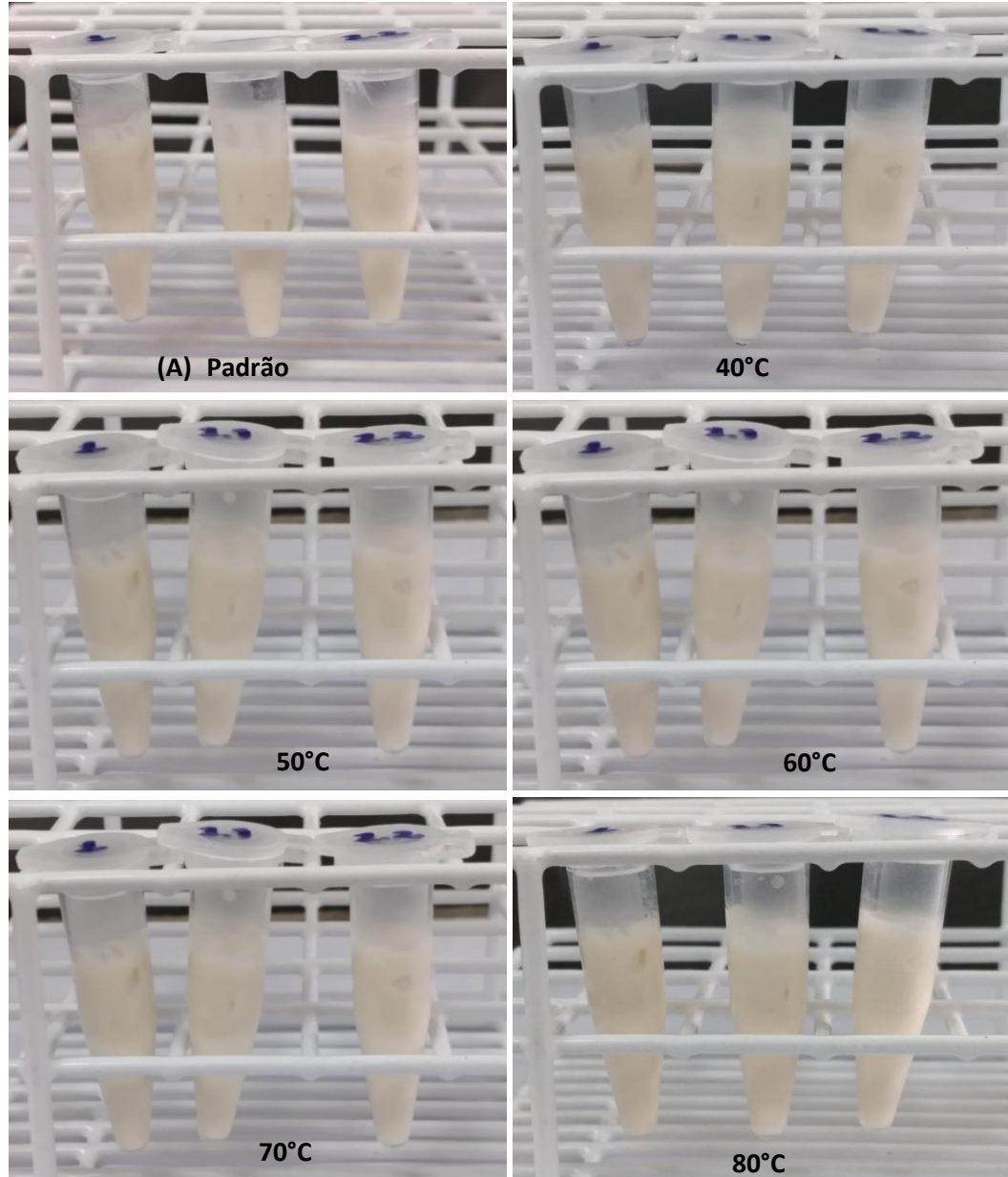
Fonte: Autoria própria

Figura 5- Teste de centrifuga com a formulação FPS 15 contendo o extrato da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) em (A) formulação antes da centrifuga e em (B) após a centrifugação.



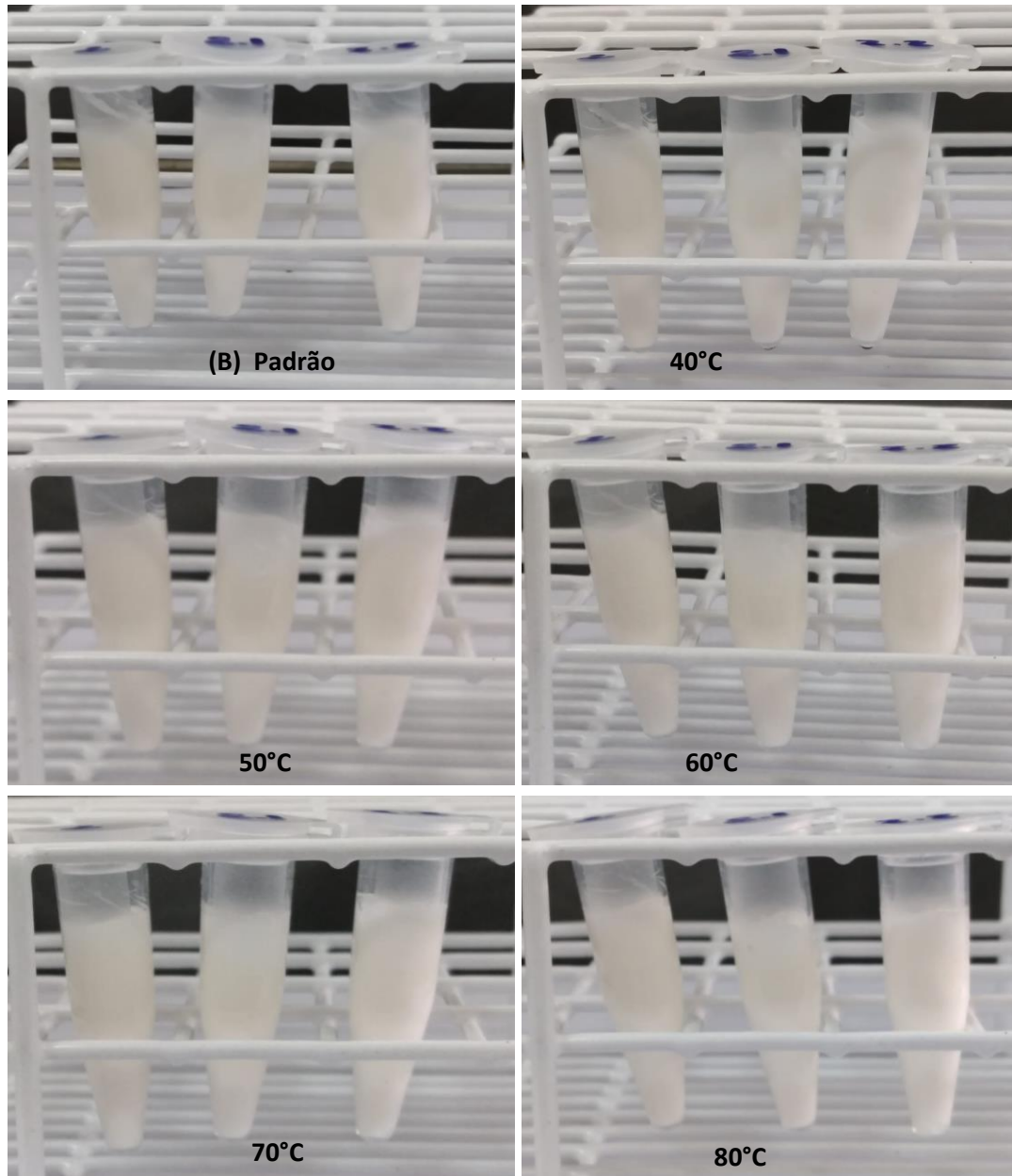
Fonte: Autoria própria

Figura 6- Teste de estresse térmico com a formulação FPS 15 contendo o extrato da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) representado em (A):



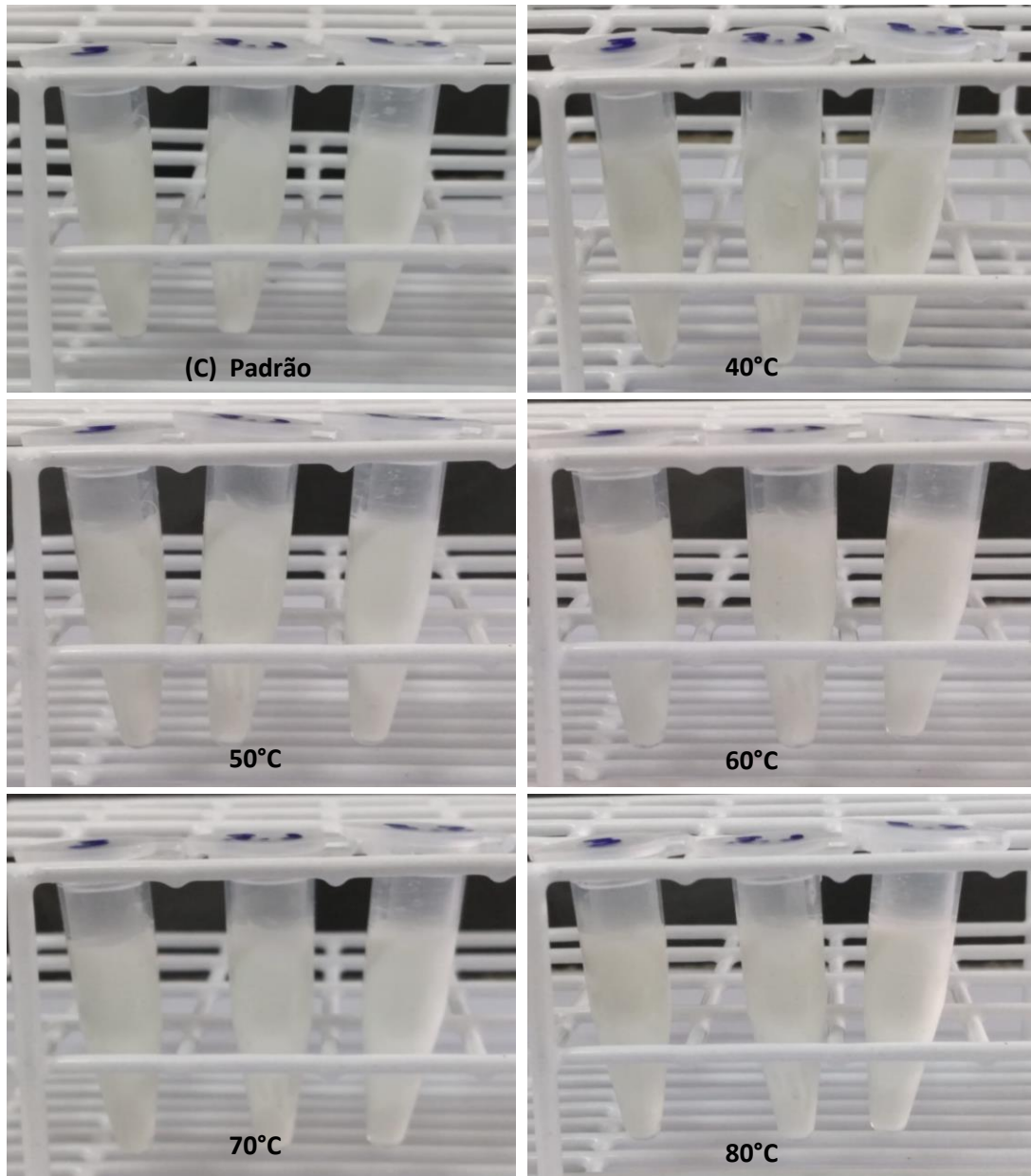
Fonte: Autoria própria

Figura 7- Teste de estresse térmico com a formulação FPS 15 contendo o creme second skin em (B):



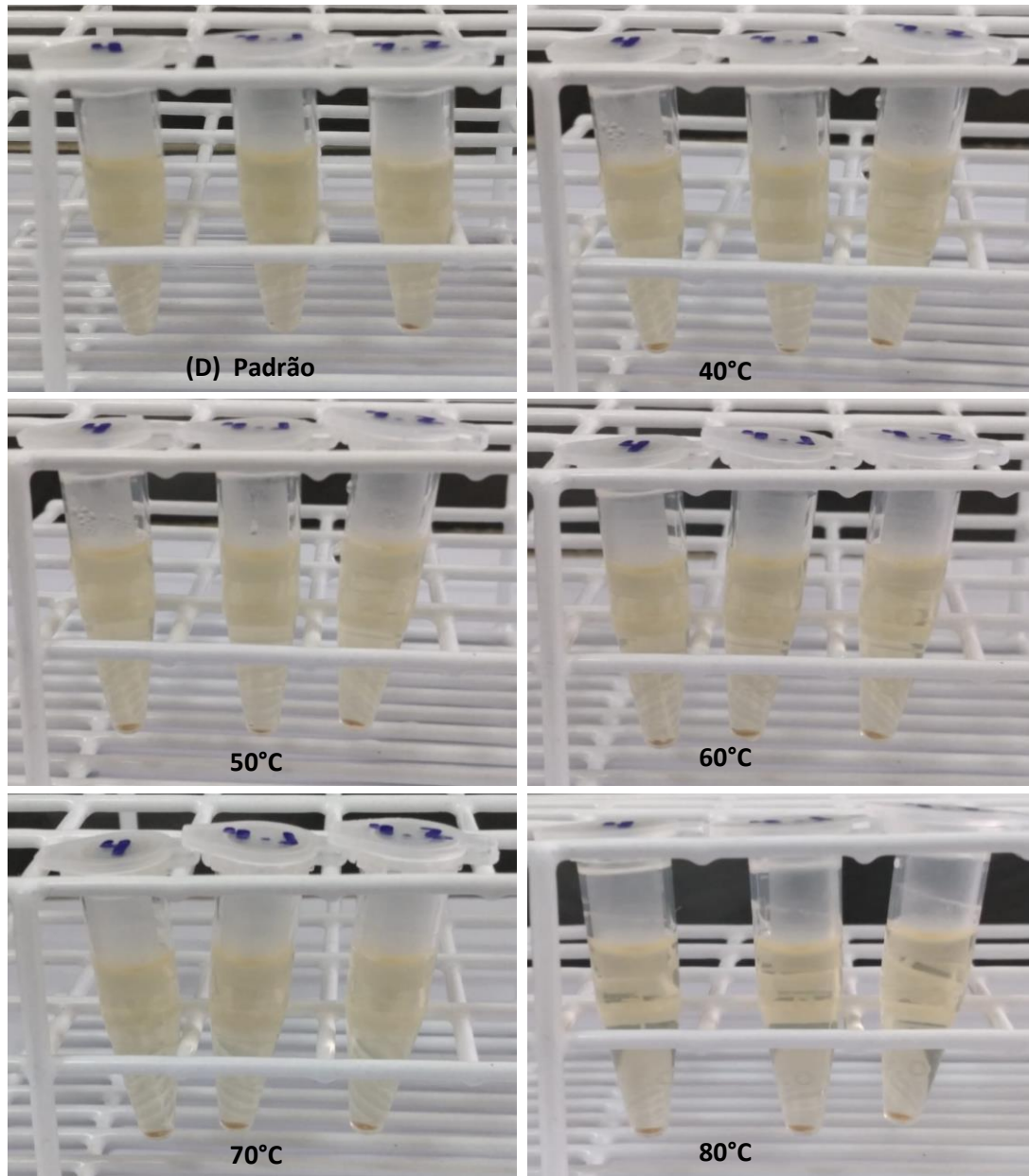
Fonte: Autoria própria

Figura 8- Teste de estresse térmico com a formulação FPS 15 contendo a formulação comercial FPS 30 em (C):



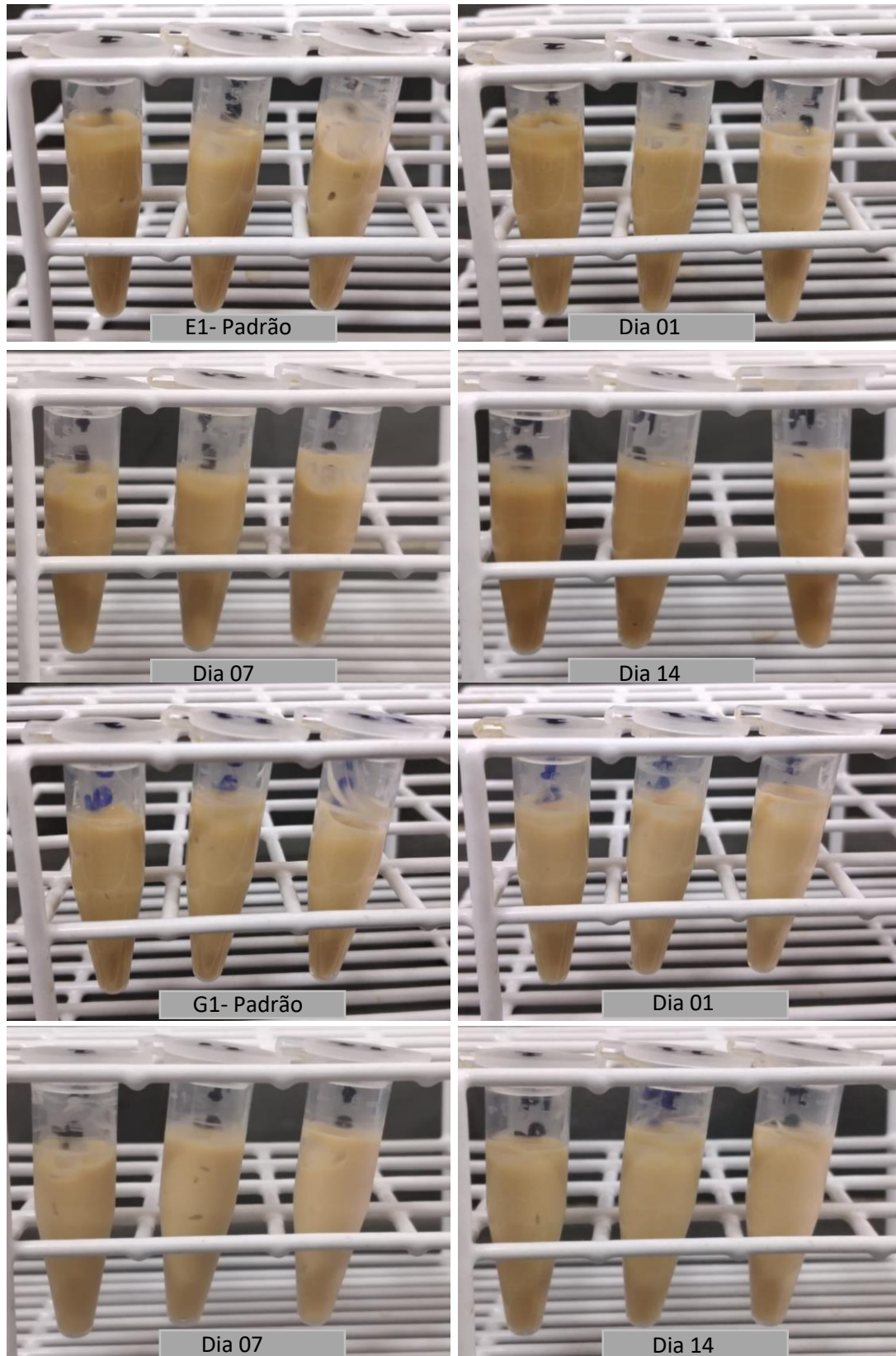
Fonte: Autoria própria

Figura 9- Teste de estresse térmico com a formulação FPS 15 contendo o extrato em (D):



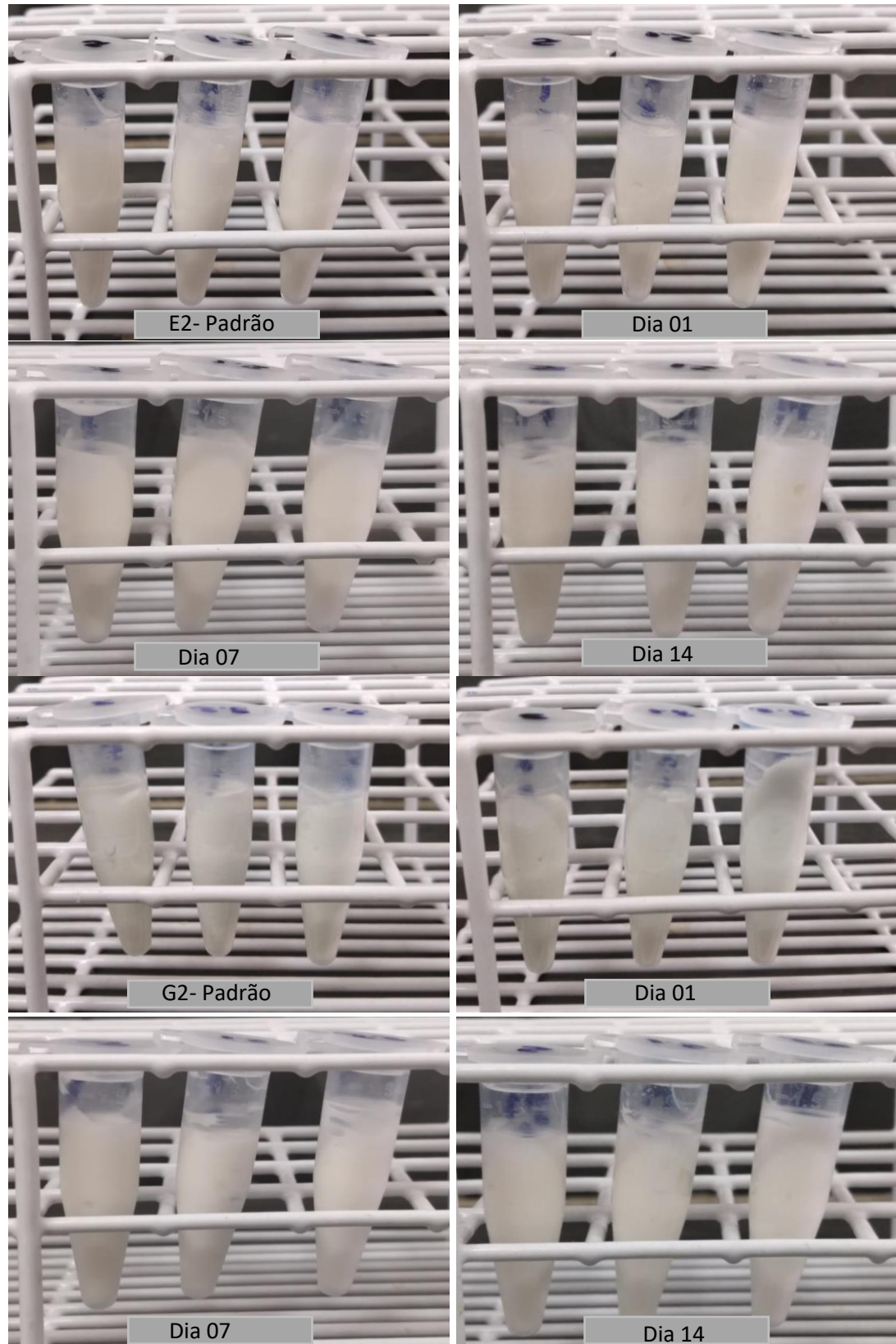
Fonte: Autoria própria

Figura 10 - Teste de baixa temperatura (Geladeira 5-8 °C) e alta temperatura (Estufa 45°C) em E1 e G1 está representada a formulação FPS 15 contendo o extrato da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.):



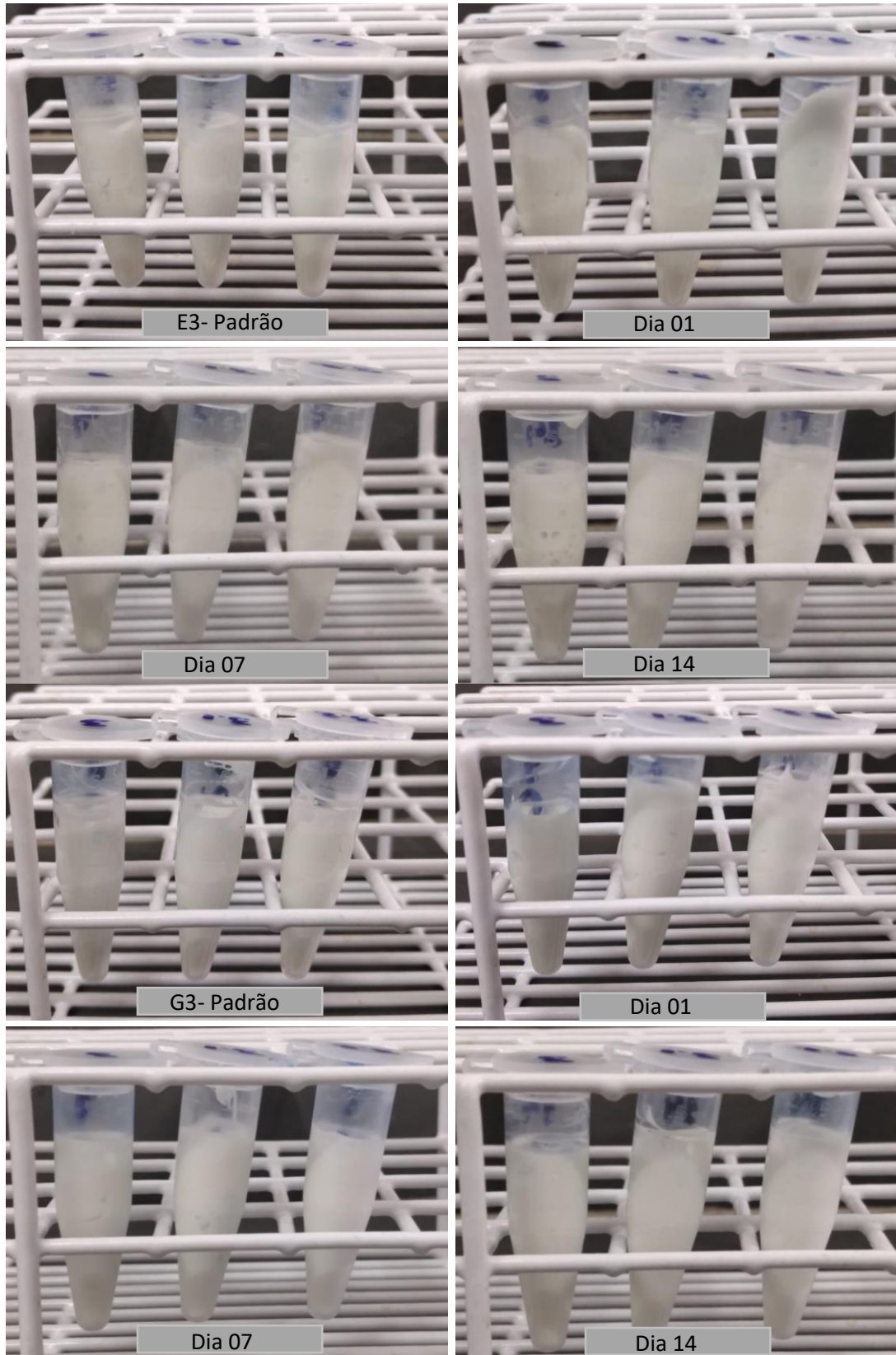
Fonte: Autoria própria

Figura 11 - Teste de baixa temperatura (Geladeira 5-8 °C) e alta temperatura (Estufa 45°C) em E2 e G2 está a amostra de creme second skin:



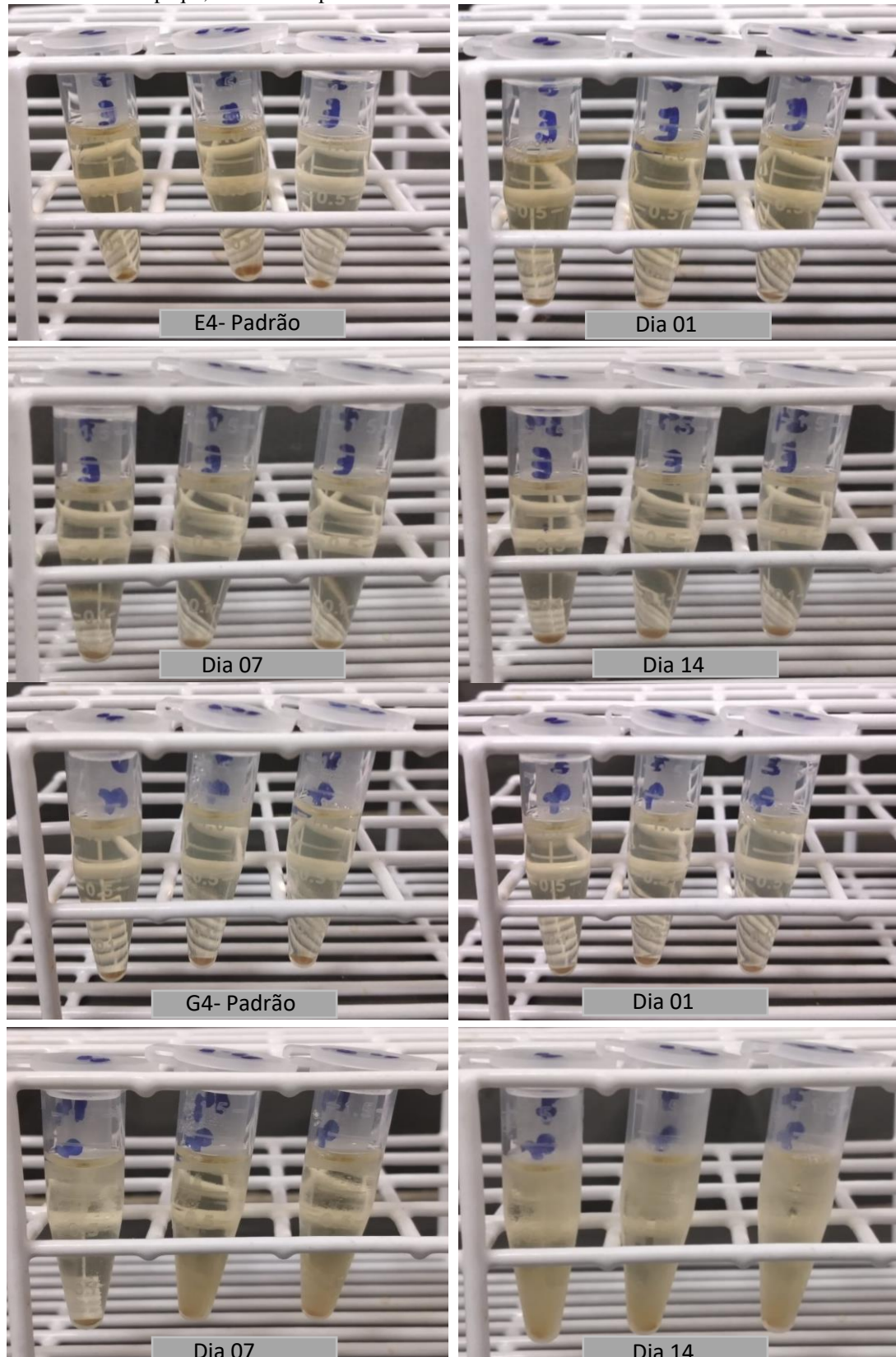
Fonte: Autoria própria

Figura 12 - Teste de baixa temperatura (Geladeira 5-8 °C) e alta temperatura (Estufa 45°C) em E3 e G3 a formulação comercial FPS 30:



Fonte: Autoria própria

Figura 13 - Teste de baixa temperatura (Geladeira 5-8 °C) e alta temperatura (Estufa 45°C) em E4 e G4 o extrato da casca de pequi, durante um período de 14 dias:



Fonte: Autoria própria

ANEXO I

Quadro 1 – Matérias-primas utilizadas na manipulação da base-piloto para incorporação do extrato da casca do fruto do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.).

Matéria-prima	Função
Ésteres cetílicos de manteiga de Karité	Emoliente
Estearato de glicerila	Agente de consistência
Água	Veículo
Álcool cetó-estearílico	Emulsionante não iônico
Ácido esteárico	Estabilizante
Cocoil glutamato dissódico	Tensoativo
Fenoxietanol	Conservante
EDTA dissódico	Quelante
Óleo vegetal hidrogenado	Agente de consistência
Óleo de <i>Camelina sativa</i>	Emoliente
Manteiga de karité (<i>Butyrospermum parkii</i>)	Emoliente
Álcool de Hidroxiethylcellulose	Estabilizante
Lecitina esteróis de Óleo de glycine (soja)	Emulsão
Insaponificáveis de azeite hidrogenado	Agente de consistência
Insaponificáveis de óleo de azeitona	Agente de consistência
Olivato de etilhexila hidrogenado	Emoliente
Copolímero de acrilatos de sódio	Agente espessante
Poliisobuteno hidrogenado	Lubrificante
Fosfolipídeos	Emulsão
Estearato de poligliceril 10	Emulsão
Óleo de sementes de girassol (<i>Helianthus Annuus</i>)	Emoliente

Fonte: Adaptado de Biotec dermocosméticos

Quadro 2 – Escala empregada para avaliação das características organolépticas.

ESCALA	ASPECTO
N (normal)	Nenhuma alteração visível- sem alteração de cor ou aspecto.
LM (levemente modificado)	Leve perda de coloração
M (modificado)	Perda total de coloração
IM (intensamente modificado)	Evidência de falta de homogeneidade e alteração no aspecto

Fonte: Adaptado de MARIOTTI

ANEXO II

Normas publicação revista Brazilian Journal Development

<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJB/about/submissions>